

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-216421

(43)Date of publication of application : 05.08.2004

(51)Int.Cl.

B23K 20/12

(21)Application number : 2003-006156

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 14.01.2003

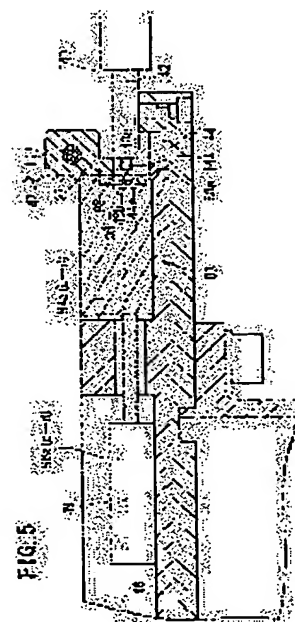
(72)Inventor : NAKAMURA HIDEO  
ODAJIMA MASARU  
ASAJINE TSUTOMU  
NATSUUME MASAHIKO

## (54) FRICTION STIR WELDING METHOD AND EQUIPMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To satisfactorily join thin plate members to each other in particular and to maintain joining strength by securely eliminating unjoined parts.

**SOLUTION:** First and second abutting parts 48, 50 between a barrel member 42 and flange members 44, 46 are held on a first and a second backing holder 88, 92. In the first and second backing holders 88, 92, there is provided: a recessed part 97 that circumvents correspondingly to the inner circumferential face 48b of the first abutting part 48 between the barrel member 42 and the flange member 44; and also an opening part 99 that circumvents in communication with the bottom of the recessed part 97. In the recessed part 97, a first cushion member 98 is attached.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-216421

(P2004-216421A)

(43) 公開日 平成16年8月5日(2004.8.5)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

B23K 20/12

F1

B23K 20/12 340

B23K 20/12 368

テーマコード(参考)

4E067

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2003-6156(P2003-6156)  
(22) 出願日 平成15年1月14日(2003.1.14)

(71) 出願人 000005326  
本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号  
(74) 代理人 100077665  
弁理士 千葉 剛宏  
(74) 代理人 100116676  
弁理士 宮寺 利幸  
(74) 代理人 100077805  
弁理士 佐藤 辰彦  
(72) 発明者 中村 秀夫  
埼玉県狭山市新狭山1丁目10番1号 ホ  
ンダエンジニアリング株式会社内  
(72) 発明者 小田島 賢  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

最終頁に続く

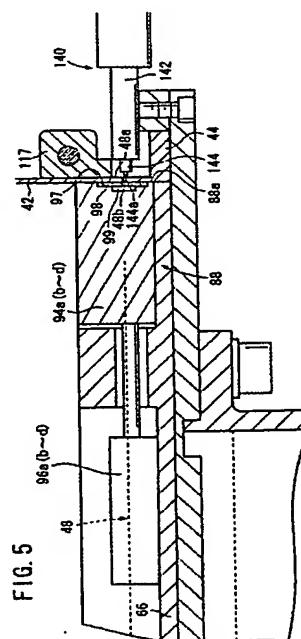
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 特に薄肉なプレート部材同士を良好に接合するとともに、未接合部分を確実に除去して接合強度を維持することを可能にする。

【解決手段】 胴部材42およびフランジ部材44、46の第1および第2突き合わせ部48、50が、第1および第2裏当て治具88、92に保持される。その際、第1および第2裏当て治具88、92には、胴部材42とフランジ部材44との第1突き合わせ部48の内周面48bに対応して周回する凹状部97が設けられるとともに、前記凹状部97の底部に連通して周回する開口部99が形成される。この凹状部97には、第1緩衝部材98が取り付けられる。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 プレート部材の端部と第 2 プレート部材の端部とを突き合わせた突き合わせ部の一方の面に、回転するプローブを押し付けながら、前記プローブを前記突き合わせ部に沿って相対的に移動させることにより、前記突き合わせ部を接合する摩擦撹拌接合方法であって

、  
前記突き合わせ部の他方の面を保持する裏当て治具に、前記突き合わせ部に対応して形成された開口部を覆って緩衝部材を取り付ける工程と、

前記第 1 および第 2 プレート部材を裏当て治具に保持させた状態で、前記プローブを前記突き合わせ部の一方の面から挿入して前記緩衝部材および該突き合わせ部の一部を前記開口部側に突出変形させながら、該突き合わせ部に沿って摩擦撹拌接合を行う工程と、

前記摩擦撹拌接合が行われた後、前記突き合わせ部から前記開口部側に突出した部分を除去する工程と、

を有することを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の摩擦撹拌接合方法において、前記摩擦撹拌接合が行われた後、前記突き合わせ部の他方の面に前記緩衝部材が圧着した状態で、該突き合わせ部から前記裏当て治具のみを離脱させる工程と、

前記突き合わせ部の他方の面から前記緩衝部材を離脱させる工程と、

前記突き合わせ部から前記開口部側に突出した部分を除去する工程と、

を有することを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の摩擦撹拌接合方法において、前記裏当て治具の外周面に前記突き合わせ部の他方の面を密着状態にすることにより、前記第 1 および第 2 プレート部材の端部同士を同一の長さに規制することを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の摩擦撹拌接合方法において、前記裏当て分割治具は、真円形状の外周面を有するとともに、複数に分割されて径方向に進退自在な分割治具を有しており、

前記治具には、底部に前記開口部が連通し前記突き合わせ部の他方の面に対応して周回する凹状部が設けられ、

各凹状部にリング状の前記緩衝部材が一体的に取り付けられた状態で、前記裏当て治具の外周面に密着する前記第 1 および第 2 プレート部材の端部同士を同一の円周長さに規制することを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

## 【請求項 5】

請求項 3 または 4 記載の摩擦撹拌接合方法において、前記第 1 および第 2 プレート部材を前記裏当て治具に対し相対的に膨張させた状態で、該裏当て治具に該第 1 および第 2 プレート部材を配置することを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の摩擦撹拌接合方法において、前記第 1 および第 2 プレート部材は、前記プローブの挿入方向と略直交する方向から加圧力が付与された状態で、前記突き合わせ部に沿って摩擦撹拌接合されることを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

## 【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の摩擦撹拌接合方法において、前記第 1 および第 2 プレート部材は、厚さが 2 mm 以下に設定されることを特徴とする摩擦撹拌接合方法。

## 【請求項 8】

第 1 プレート部材の端部と第 2 プレート部材の端部とを突き合わせた突き合わせ部の一方の面に、回転するプローブを押し付けながら、前記プローブを前記突き合わせ部に沿って相対的に移動させることにより、前記突き合わせ部を接合する摩擦撹拌接合装置であって

前記第1および第2プレート部材を配置して前記突き合わせ部の他方の面を保持し、摩擦攪拌接合が行われた後に前記突き合わせ部の他方の面から離脱される裏当て治具を備え、前記裏当て治具は、前記突き合わせ部の他方の面に対応する凹状部と、前記凹状部の底部に連通する開口部と、

を設けるとともに、

前記凹状部には、前記摩擦攪拌接合が行われた後に、前記突き合わせ部の他方の面から離脱される緩衝部材が取り付けられ、

前記開口部には、摩擦攪拌接合時に前記緩衝部材および前記突き合わせ部の一部が突出変形されることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

#### 【請求項9】

請求項8記載の摩擦攪拌接合装置において、前記裏当て治具の外周面に前記突き合わせ部の他方の面を密着状態に配置することにより、前記第1および第2プレート部材の端部同士を同一の長さに規制することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

#### 【請求項10】

請求項8または9記載の摩擦攪拌接合装置において、前記裏当て治具は、真円形状の外周面を有しており、この外周面に密着状態に嵌合する前記第1および第2プレート部材の端部同士を同一の円周長さに規制することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

#### 【請求項11】

請求項10記載の摩擦攪拌接合装置において、前記裏当て治具は、複数に分割されて径方向に進退自在な分割治具を備えるとともに、前記緩衝部材は、それぞれの分割治具に形成された各凹状部に一体的に嵌合自在なリング状に構成されることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

#### 【請求項12】

請求項8乃至11のいずれか1項に記載の摩擦攪拌接合装置において、前記第1および第2プレート部材に、前記プローブの挿入方向と略直交する方向から加圧力を付与する加圧機構を備えることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

#### 【請求項13】

請求項8乃至12のいずれか1項に記載の摩擦攪拌接合装置において、前記第1および第2プレート部材は、厚さが2mm以下に設定されることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、第1プレート部材の端部と第2プレート部材の端部とを突き合わせた突き合わせ部の一方の面に、回転するプローブを押し付けながら、前記プローブを前記突き合わせ部に沿って相対的に移動させることにより、前記突き合わせ部を接合する摩擦攪拌接合方法および装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

一般的に、ワーク（物体）に回転するプローブを挿入する際に発生する摩擦熱を利用して、2つのワークを固相接合する摩擦攪拌溶接（Friction Stir Welding：以下、FSWともいう）が知られている。上記の接合によると、ワークの接合部分は、母材に対して80%程度の強度を維持することができ、結晶の粗大化も防止することが可能になる。

##### 【0003】

例えば、ワークとしてアルミニウム材を用い、従来のスポット溶接や電子ビームによる溶接を行うと、このアルミニウム材に過剰な熱が付与されてしまう。このため、材料の劣化や粗大化による強度の低下が惹起されるおそれがある。

##### 【0004】

これに対して、FSWでは、アルミニウム材のように比較的融点の低い金属材料（アルミニウム材では、600℃～660℃程度）を用いても、500℃程度で接合が行われるた

め、熱による劣化が防止される。従って、F S Wは、アルミニウム材の他、マグネシウムやチタン、高分子等の他の材料にも適用することが可能である。

【0005】

上記のF S Wをアルミニウム材に適用する例として、電車のような大型部材のアルミニウムフレームが挙げられる。この種の大型部材は、接合の強度を重視しており、アルミニウム材の厚さは、通常、5 mm以上に設定されている。一方、ガスタービンエンジン部材のように、強度の向上とともに軽量化を図ることが望まれている部材では、厚さを大きくすることができない。このため、例えば、1. 2 mm程度の薄板状のアルミニウム材を用い、ガスタービンエンジンの外枠を構成している。

【0006】

しかしながら、薄板状のアルミニウム材の両端部を突き合わせた突き合わせ部を、F S Wで接合して比較的大径な円筒部材を形成する際、このアルミニウム材が薄肉であるために真円度を得ることができないという問題がある。

【0007】

さらに、2つの円筒部材の端部同士を突き合わせた突き合わせ部を、F S Wにより接合する際、各端部の円周長さが同一寸法にならないおそれがある。従って、この状態で、円筒部材をF S Wにより接合すると、接合部の最終部位で位相差が発生し、例えば、波形に変形する、所謂、皺が惹起されるという問題がある。

【0008】

しかも、特に薄板状のアルミニウム材の突き合わせ部は、F S Wにより接合する際に未接合部分が発生し易い。具体的には、図15に示すように、アルミニウム材W1、W2が突き合わされた状態で、突き合わせ部Tに回転しているプローブPが挿入されると、この突き合わせ部Tには、プローブ先端Paが到達しないことによる摩擦攪拌不足が惹起し、未接合部分Uが発生し易い。

【0009】

さらに、プローブPは、プローブ先端Paに近づくにつれて周速が遅くなり、このプローブ先端Pa近傍では、周速の低下によって摩擦攪拌される領域Sが制限されてしまう。これにより、摩擦熱が不足して未接合部分Uが生じ、この未接合部分Uが破壊起点となって構造上の信頼性が低下するという問題がある。

【0010】

この他、F S Wによる接合時には、薄板状のアルミニウム材W1、W2に1 t ~ 2 t 単位の押し付け力が付与される。このため、アルミニウム材W1、W2を確実に保持し得ないと、接合部にはF S Wによって凹凸が発生するという問題がある。

【0011】

そこで、例えば、特許文献1の突き合わせ継手の製造方法では、図16に示すように、アルミニウム製の接合部材1a、1bの端面が突き合わされて突き合わせ部2が設けられるとともに、この突き合わせ部2に対応してアルミニウム製の裏当て部材3が配置される。この裏当て部材3の表面には、断面円弧状の凹部3aが形成されている。

【0012】

このような構成において、回転子4およびプローブ5を回転させて、このプローブ5を接合部材1a、1bの突き合わせ部2に挿入する。このため、接合部材1a、1bの突き合わせ部2は、裏面側が裏当て部材3の凹部3aに沿って突出変形する。さらに、プローブ5を突き合わせ部2に挿入した状態で、前記突き合わせ部2に沿って移動させることにより、前記突き合わせ部2の全長にわたって摩擦攪拌接合が行われる。次いで、裏当て部材3の凹部3aに突出変形した変形部6は、フライス盤等により切削されて平坦面が得られる。

【0013】

【特許文献1】

特開平10-225780号公報（段落【0032】～【0036】、図3）

【0014】

**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上記の特許文献1では、突き合わせ部2の裏面側を裏当て部材3の凹部3aに突出変形させるために、プローブ5を前記突き合わせ部2の裏面まで挿入する必要がある。このため、特に、薄肉状の接合部材1a、1bが用いられる際には、接合部材1a、1bに破損が発生するおそれがある。

**【0015】**

しかも、接合処理が終了した後、突き合わせ部2の裏面から裏当て部材3を剥離しなければならない。従って、薄肉状の接合部材1a、1bでは、裏当て部材3の剥離処理により残留歪みが発生するという問題が指摘されている。

**【0016】**

一方、裏当て部材3は、剥離により破損するおそれがあり、これによって繰り返し利用することができず、経済的ではないという問題がある。

**【0017】**

本発明はこの種の問題を解決するものであり、特に薄肉なプレート部材同士を良好に接合するとともに、未接合部分を確実に除去して接合強度を維持することが可能な摩擦撹拌接合方法および装置を提供することを目的とする。

**【0018】****【課題を解決するための手段】**

本発明の請求項1に係る摩擦撹拌接合方法および請求項8に係る摩擦撹拌接合装置では、突き合わせ部の他方の面を保持する裏当て治具に、前記突き合わせ部に対応して形成された開口部を覆って緩衝部材が取り付けられる。次いで、第1および第2プレート部材が裏当て治具に保持された状態で、プローブを突き合わせ部の一方の面から挿入して前記緩衝部材および前記突き合わせ部の一部を開口部側に突出変形させながら、前記突き合わせ部に沿って摩擦撹拌接合が行われる。そして、摩擦撹拌接合が行われた後、突き合わせ部から開口部側に突出した部分が除去される。

**【0019】**

このため、第1および第2プレート部材は、裏当て治具に張り付くことがなく、前記裏当て治具は、前記第1および第2プレート部材から剥離されることによる破損のおそれがない。これによって、裏当て治具は、繰り返し利用することができ、経済的である。さらに、第1および第2プレート部材は、緩衝部材に接合されることがなく、前記緩衝部材の離脱処理が容易に遂行されるとともに、残留歪みが発生することを有効に阻止することが可能になる。

**【0020】**

しかも、未接合部分が発生し易い突き合わせ部の他方の面は、裏当て治具の開口部側に突出変形するとともに、摩擦撹拌接合が終了した後に前記突き合わせ部から除去される。従って、第1および第2プレート部材は、未接合部分を確実に除去することができ、接合部の強度が有効に増大して信頼性の向上を図ることが可能になる。

**【0021】**

また、本発明の請求項2に係る摩擦撹拌接合方法では、摩擦撹拌接合が行われた後、突き合わせ部の他方の面に緩衝部材が圧着した状態で、前記突き合わせ部から裏当て治具のみが離脱される。次に、突き合わせ部の他方の面から緩衝部材が離脱される。このため、第1および第2プレート部材には、裏当て治具および緩衝部材が離脱される際に残留歪みが発生することがない。

**【0022】**

さらに、本発明の請求項3に係る摩擦撹拌接合方法および請求項9に係る摩擦撹拌接合装置では、裏当て治具と突き合わせ部の他方の面とを密着状態にすることにより、前記第1および第2プレート部材の端部同士を同一の長さに規制する。従って、特に薄肉でかつ比較的大径な突き合わせ部であっても、プローブの挿入によって変形や皺等による位相差が発生することがなく、前記突き合わせ部の真円度を良好に維持することができ、寸法精度が向上する。しかも、突き合わせ部のずれを阻止して正確な位置出しが可能になり、摩擦

撈拌接合処理が効率的に遂行される。

【0023】

さらにまた、本発明の請求項4に係る摩擦撈拌接合方法および請求項10に係る摩擦撈拌接合装置では、裏当て治具は、真円形状の外周面を有しており、この外周面に密着する第1および第2プレート部材の端部同士を同一の円周長さに規制する。これにより、簡単かつ経済的な構成および工程で、第1および第2プレート部材は、真円度を確実に維持して突き合わせ部の全周が良好に接合される。

【0024】

その際、裏当て治具は、複数に分割されて径方向に進退自在な分割治具を備えるとともに、緩衝部材は、それぞれの分割治具に形成された各凹状部に一体的に嵌合自在なリング状に構成される（本発明の請求項4に係る摩擦撈拌接合方法および請求項11に係る摩擦撈拌接合装置）。このため、摩擦撈拌接合後に、裏当て治具を突き合わせ部から容易かつ迅速に離脱させることができる。

【0025】

また、本発明の請求項5に係る摩擦撈拌接合方法では、第1および第2プレート部材を裏当て治具に対し相対的に膨張させた状態で、前記裏当て治具に前記第1および第2プレート部材が配置される。例えば、第1および第2プレート部材が加熱されると、この第1および第2プレート部材が熱膨張して内周径が拡大する。従って、第1および第2プレート部材は、裏当て治具に容易に外装されるとともに、冷却されることにより収縮して前記裏当て治具の外周面に確実に密着する。

【0026】

さらに、本発明の請求項6に係る摩擦撈拌接合方法および請求項12に係る摩擦撈拌接合装置では、第1および第2プレート部材は、プローブの挿入方向と略直交する方向から加圧力が付与された状態で、突き合わせ部に沿って摩擦撈拌接合される。これにより、第1および第2プレート部材の端部同士を確実に圧着することができ、突き合わせ部を高品質に接合することが可能になる。

【0027】

さらにまた、本発明の請求項7に係る摩擦撈拌接合方法および請求項13に係る摩擦撈拌接合装置では、第1および第2プレート部材は、厚さが2mm以下に設定されている。このため、薄肉なプレート部材であっても、摩擦撈拌接合が良好に遂行されるとともに、前記薄肉なプレート部材に残留歪みが発生することを有効に阻止することができる。

【0028】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る摩擦撈拌接合方法が実施されるファンダクト10を組み込む航空機用ガスタービンエンジン12の概略構成説明図である。

【0029】

ガスタービンエンジン12はファン14を備え、このファン14は、高速で回転して外部から空気を吸引し、この空気を圧縮して後方に圧送する。ファン14の近傍には、コアダクト16とファンダクト10とによってファンバイパス通路18が形成され、このファンバイパス通路18を通して後方に噴射される空気を介し、図示しない機体に推力を生じさせる。

【0030】

ファン14は、低圧圧縮機20を構成しており、この低圧圧縮機20で圧縮された空気は、後段の高圧圧縮機22に送られる。この高圧圧縮機22で圧縮された空気は、さらに後段の燃焼室24に送られる。この燃焼室24は燃料ノズル26を備え、この燃料ノズル26から前記燃焼室24に燃料が圧送される。燃焼室24では、高圧圧縮機22から圧送された圧縮空気と、燃料ノズル26から噴霧された燃料とを混合した混合気が、エンジン始動時に点火されて燃焼する。

【0031】

混合気が燃焼することによって高温高圧ガスが発生し、この高温高圧ガスは、高圧タービ



ン28に送られてこの高圧タービン28を高速回転させる。この高圧タービン28は、ファン14のロータ14aを回転させる一方、高温高圧ガスは、前記高圧タービン28を回転駆動した後、低圧タービン30に送られる。低圧タービン30は、低圧圧縮機20のロータ14aおよびファン14を回転させる。

【0032】

ガスタービンエンジン12の外部下面には、スタータおよび発電機を組み込むスタータジェネレータ32が、アクセサリギアボックス34を介して取り付けられる。

【0033】

図2は、ファンダクト10を構成するダクト構造体40の説明図である。このダクト構造体40は、薄板状、例えば、厚さが2mm以下のアルミニウム材を略円筒形状に成形した胴部材(第1プレート部材)42と、薄板状のアルミニウム材を略円筒形状に成形したフランジ部材(第2プレート部材)44、46とを備える。胴部材42の端部42a、42bと、フランジ部材44、46の端部44a、46aとを突き合わせた第1および第2突き合わせ部48、50は、その外周面(一方の面)48a、50aに摩擦撹拌接合が行われ、前記胴部材42と前記フランジ部材44、46とが接合される。

【0034】

図3は、上記のダクト構造体40を摩擦撹拌接合する本発明の第1の実施形態に係る摩擦撹拌接合装置60の一部分解斜視図であり、図4は、前記摩擦撹拌接合装置60の断面説明図である。

【0035】

この摩擦撹拌接合装置60は、回転テーブル62に固定されて回転されるとともに、予め仮接合された胴部材42とフランジ部材44、46とを一体的に保持する台部材64を備える。台部材64の上部には、略円盤状の支持ベース66が固着され、この支持ベース66の中央部には、鉛直方向(矢印A方向)に延在して支柱68が立設される。支柱68の先端には、加圧機構70を構成するねじ部72が形成される。

【0036】

加圧機構70は加圧板74を備え、この加圧板74は、略円盤状を有するとともに、中央部に支柱68を挿入する孔部76が形成される。加圧板74は、支持ベース66上に配置される胴部材42およびフランジ部材44、46を後述するプローブ144(図5参照)の挿入方向(矢印B方向)と略直交する矢印A方向から加圧力を付与する機能を有する。

【0037】

加圧板74の中央部分には、押圧ブロック77に係合するとともに、ねじ部72に螺合するナット部材78が前記押圧ブロック77を介して加圧板74を矢印A方向に加圧する。ねじ部72の先端には、吊り下げ用ボルト79が螺着される。加圧板74には、等角度間隔離間して複数の開口部80と、前記開口部80よりも小径な複数の開口部82とが形成される。

【0038】

支持ベース66には、支柱68を中心に周回するリング部86が矢印A方向に膨出して形成される。リング部86の外周には、第1裏当て治具88が着脱自在に設けられるとともに、前記リング部86に固定されるロッド90を介して第2裏当て治具92が取り付けられる。

【0039】

第1裏当て治具88は、例えば、鉄系材料で形成された複数、例えば、4つの分割治具94a~94dを備えており、全体として略リング状を有する。分割治具94a~94dは、アクチュエータ、例えば、シリンダ96a~96dに連結されて半径方向に個別に進退可能に構成される。

【0040】

第1裏当て治具88の外周面88aは、真円形状に設定される。この第1裏当て治具88の外周面88aには、図5に示すように、胴部材42とフランジ部材44との第1突き合わせ部48の内周面(他方の面)48bに対応して周回する凹状部97が設けられると

もに、前記凹状部 97 の底部に連通して周回する開口部 99 が形成される。

【0041】

凹状部 97 には、第 1 突き合わせ部 48 に摩擦撹拌接合が行われた後、前記第 1 突き合わせ部 48 の内周面 48b から離脱される第 1 緩衝部材 98 が取り付けられる。この第 1 緩衝部材 98 は、例えば、鉄系材料あるいはアルミニウム製のリング材で構成されるとともに、厚さが凹状部 97 の深さと同一寸法、例えば、略 1mm 程度の厚さに設定される。開口部 99 は、第 1 裏当て治具 88 の外周面 88a を周回しかつ凹状部 97 よりも幅狭な凹状溝に構成され、第 1 突き合わせ部 48 の内周面 48b において、摩擦撹拌接合後に未接合部分となり易い領域を収容し得る寸法に限定されている。例えば、未接合部分が 20 $\mu$ m ~ 30 $\mu$ m である際に、開口部 99 の深さが 50 $\mu$ m 程度に設定される。

【0042】

図 4 に示すように、リング部 86 の上面には、所定の角度間隔ずつ離間してねじ穴 100 が形成され、前記ねじ穴 100 には、各ロッド 90 が一方の端部に設けられるねじ部 102 が螺合する。ロッド 90 の他方の端部には、ねじ穴 104 が形成され、第 2 裏当て治具 92 を構成する取り付け板 106 からボルト 108 がねじ込まれることにより、前記取り付け板 106 がロッド 90 に固定される。

【0043】

図 3 および図 4 に示すように、第 2 裏当て治具 92 は、例えば、鉄系材料で形成された複数の分割治具、例えば、4 つの分割治具 110a ~ 110d を備えており、全体として略リング状を有する。分割治具 110a ~ 110d は、アクチュエータ、例えば、シリンダ 112a ~ 112d に連結されて取り付け板 106 上を半径方向に個別に進退可能に構成される。

【0044】

第 2 裏当て治具 92 の外周面 92a は、全体として真円形状に構成される。この第 2 裏当て治具 92 の外周面 92a には、図 6 に示すように、胴部材 42 とフランジ部材 44 との第 2 突き合わせ部 50 の内周面（他方の面）50b に対応して周回する凹状部 114 が設けられるとともに、前記凹状部 114 の底部に連通して周回する開口部 115 が形成される。

【0045】

凹状部 114 には、第 2 突き合わせ部 50 に摩擦撹拌接合が行われた後、前記第 2 突き合わせ部 50 の内周面 50b から離脱される第 2 緩衝部材 116 が取り付けられる。この第 2 緩衝部材 116 は、例えば、鉄系材料あるいはアルミニウム製のリング材で構成されるとともに、その厚さが凹状部 114 の深さと同一寸法、例えば、略 1mm 程度の厚さに設定される。開口部 115 は、第 2 裏当て治具 92 の外周面 92a を周回しかつ凹状部 114 よりも幅狭な凹状溝に構成され、第 2 突き合わせ部 50 の内周面 50b において、摩擦撹拌接合後に未接合部分となり易い領域を収容し得る寸法に設定されている。

【0046】

図 3 および図 4 に示すように、第 1 および第 2 裏当て治具 88、92 の外周面 88a、92a は、ダクト構造体 40 のスプリングバックを考慮して、前記ダクト構造体 40 を最終的に設計寸法に維持する必要があるため、前記第 1 および第 2 裏当て治具 88、92 が拡張した際の前記外周面 88a、92a の最大外径寸法は、加熱前の第 1 および第 2 突き合わせ部 48、50 の内径よりも大きい。

【0047】

第 1 突き合わせ部 48 の外周面 48a には、前記第 1 突き合わせ部 48 を保持する第 1 クランプ治具 117 が配置されるとともに、第 2 突き合わせ部 50 の外周面 50a には、前記第 2 突き合わせ部 50 を保持する第 2 クランプ治具 118 が配置される。

【0048】

図 3 に示すように、第 1 クランプ治具 117 は、角材をリング状に成形してベルト状に構成される。第 1 クランプ治具 117 の一方の端面には、ねじ穴 119 が形成されるとともに、他方の端面には、孔部 120 が形成される。ボルト 122 が孔部 120 を通ってねじ

穴119にねじ込まれることにより、第1クランプ治具117は、径方向の寸法が縮小されて第1突き合わせ部48の外周面48aを締め付ける。

#### 【0049】

図3および図4に示すように、支持ベース66の外周縁部には、ボルト124を介して複数本のロッド126が固定される。各ロッド126は、矢印A方向に延在しており、その端部にねじ込まれるボルト128を介して取り付け板130が設けられる。この取り付け板130は、略リング状に構成され、ボルト132を介して前記取り付け板130に第2クランプ治具118が固定される。第2クランプ治具118は、略リング状に構成され、第2突き合わせ部50の外周面50aを締め付け保持する。

#### 【0050】

図5に示すように、第1突き合わせ部48を接合する接合機140は、回転工具142を備える。この回転工具142の先端には、所定の長さだけ突出するプローブ144が設けられる。このプローブ144は、第1突き合わせ部48に挿入されるプローブ先端部114aの長さが、前記第1突き合わせ部48の肉厚よりも短尺に設定される。なお、第2突き合わせ部50は、上記の接合機140により接合してもよく（図6参照）、あるいは個別の接合機を用いて接合作業を行ってもよい。

#### 【0051】

このように構成される摩擦攪拌接合装置60の動作について、第1の実施形態に係る摩擦攪拌接合方法との関連で、図7に示すフローチャートに沿って以下に説明する。

#### 【0052】

まず、円筒形状を有する胴部材42およびフランジ部材44、46が作製される（ステップS1）。具体的には、図2に示すように、胴部材42を構成する薄板状のアルミニウム材を略円筒形状に成形し、その両端部を突き合わせた突き合わせ部42cに沿って摩擦攪拌接合（FSW）が行われ、前記突き合わせ部42cが接合される。このため、胴部材42が得られる。

#### 【0053】

同様に、フランジ部材44、46を構成する薄板状のアルミニウム材が略円筒形状に成形された後、それぞれの突き合わせ部44c、46cが摩擦攪拌接合により接合される。従って、フランジ部材44、46が得られる。

#### 【0054】

なお、上記の摩擦攪拌接合時には、図示しないプローブが、円筒形状の中心から所定距離だけオフセットして配置されており、接合面の切断を有効に阻止している。

#### 【0055】

次いで、胴部材42の端部42a、42bにフランジ部材44、46の端部44a、46aを突き合わせた状態で、第1および第2突き合わせ部48、50には、所定の個所にアルミニウムテープ（図示せず）が貼り付けられる。このため、胴部材42の両側にフランジ部材44、46が仮接合される（ステップS2）。この仮接合された胴部材42およびフランジ部材44、46は、図示しない加熱炉内に配置されて所定の温度に加熱される（ステップS3）。所定温度に加熱された胴部材42およびフランジ部材44、46は、台部材64にセットされる（ステップS4）。

#### 【0056】

具体的には、図3および図4に示すように、台部材64を構成する支持ベース66上には、リング部86を周回して第1裏当て治具88を構成する分割治具94a～94dが半径内方向に配置されている。従って、第1裏当て治具88は、外周面88aの直径が最小直径に維持されており、この外周面88aの凹状部97に対応して第1緩衝部材98が配置された状態で、シリンダ96a～96dが駆動される。このため、分割治具94a～94dは、半径外方向に移動して第1裏当て治具88の外周面88aが拡径し、この外周面88aにより第1緩衝部材98が押圧保持される。

#### 【0057】

一方、リング部86に形成されたねじ穴100には、ロッド90のねじ部102が螺着さ

れる。ロッド90上には、第2裏当て治具92を構成する取り付け板106が配置され、前記ロッド90のねじ穴104に前記取り付け板106の孔部を通してボルト108が螺着される。これにより、各ロッド90には、取り付け板106が固定されるとともに、分割治具110a~110dが半径内方向に配置されている。

#### 【0058】

この状態で、第2裏当て治具92の外周面92aに第2緩衝部材116が配置され、シリンダ112a~112dが駆動されて分割治具110a~110dが半径外方向に移動する。従って、外周面92aが拡張してこの外周面92aにより第2緩衝部材116が押圧保持される。

#### 【0059】

そこで、所定温度に加熱された胴部材42およびフランジ部材44、46は、第1および第2裏当て治具88、92に外装される。この場合、胴部材42およびフランジ部材44、46は、所定の温度に加熱されており、熱膨張によって内周径が拡大している。このため、胴部材42およびフランジ部材44、46の第1および第2突き合わせ部48、50は、第1および第2裏当て治具88、92に配置された第1および第2緩衝部材98、116に容易に外装される。

#### 【0060】

さらに、胴部材42およびフランジ部材44、46は、冷却されることによって内周径が収縮し、第1および第2突き合わせ部48、50の内周面48b、50bは、第1および第2裏当て治具88、92の外周面88a、92a、すなわち、第1および第2緩衝部材98、116に密着した状態で確実に嵌合する（図5および図6参照）。第1および第2裏当て治具88、92の外周面88a、92aの最大外径寸法が、加熱前の第1および第2突き合わせ部48、50の内周面48b、50bの内径寸法よりも大きいからである。

#### 【0061】

ここで、第1および第2裏当て治具88、92の外周面88a、92aは、真円形状を有しており、この外周面88a、92aの凹状部97、114に嵌合する第1および第2緩衝部材98、116に密着する端部42a、44aおよび端部42b、46aは、それぞれ同一の円周長さに規制されるとともに、真円形状に維持される。

#### 【0062】

次に、第2裏当て治具92上に加圧板74が配置され、押圧ブロック77がねじ部72に外装された後、ナット部材78が前記ねじ部72にねじ込まれる。これにより、押圧ブロック77を介して加圧板74が加圧され、胴部材42およびフランジ部材44、46は、矢印A方向に締め付け荷重が付与される。この結果、第1および第2突き合わせ部48、50は、隙間が生じない状態で押圧保持される（ステップS5）。そして、ステップS6に進み、第1および第2突き合わせ部48、50に貼り付けられているアルミニウムテープ（図示せず）が除去され、表面の洗浄が行われる。

#### 【0063】

さらに、ステップS7において、第1クランプ治具117が装着される。この第1クランプ治具117は、ベルト状に構成されており、胴部材42の外周を端部42a側に沿って周回している。そこで、孔部120にボルト122を挿入し、このボルト122をねじ穴119にねじ込むことにより、第1クランプ治具117の内周径が縮小する。従って、第1クランプ治具117は、胴部材42の外周面を締め付け保持する。

#### 【0064】

次いで、台部材64は、回転テーブル62にねじ止めによって固定される（ステップS8）。この状態で、図8に示すように、接合機140を構成する回転工具142が高速で回転しながら、第1突き合わせ部48に向かって（矢印B方向）移動する。このため、高速回転するプローブ144のプローブ先端144aが第1突き合わせ部48に挿入され、摩擦熱によって前記第1突き合わせ部48が溶接される（図9参照）。

#### 【0065】

その際、第1突き合わせ部48には、第1裏当て治具88に設けられた開口部99に向か

って加圧力が付与される。従って、第1緩衝部材98の裏面側および第1突き合わせ部48の一部は、開口部99内に突出変形する一方、高速回転するプローブ144は、回転テーブル62の回転作用下に前記第1突き合わせ部48に沿って相対的に移動し、該第1突き合わせ部48の全周にわたり接合作業が遂行される（ステップS9）。

【0066】

第1突き合わせ部48の接合作業が終了すると、回転テーブル62が停止されるとともに、接合機140がこの第1突き合わせ部48から離間する。さらに、第1クランプ治具117が取り外される一方、第2クランプ治具118が取り付けられる（ステップS10）。第1クランプ治具117は、ボルト122をねじ穴119から離脱させることにより、内周径が拡大して胴部材42から取り外される。

【0067】

一方、支持ベース66の外周縁部には、ボルト124を介して複数のロッド126が取り付けられ、前記ロッド126の先端部には、ボルト128を介して取り付け板130が取り付けられる。この取り付け板130には、ボルト132を介して第2クランプ治具118が装着され、この第2クランプ治具118が胴部材42の端部42b側の外周面を締め付け保持する。

【0068】

この状態で、図10に示すように、例えば、接合機140が第2突き合わせ部50に対応して配置され、回転工具142と一体的にプローブ144が回転しながら、このプローブ144のプローブ先端144aが前記第2突き合わせ部50の外周面50aに挿入される。この第2突き合わせ部50は、回転テーブル62の回転作用下に接合機140に対して回転しており、前記第2突き合わせ部50の全周にわたって摩擦攪拌接合が行われる（ステップS11）。

【0069】

上記のように、第1および第2突き合わせ部48、50が接合されて接合品であるダクト構造体40が得られた後、このダクト構造体40は、第1および第2裏当て治具88、92とともに、台部材64から取り外される（ステップS12）。具体的には、第1裏当て治具88を構成する分割治具94a～94dは、シリンダ96a～96dの駆動によって半径内方向に移動し、外周面88aが第1緩衝部材98から離間する（図11参照）。一方、第2裏当て治具92を構成する分割治具110a～110dは、シリンダ112a～112dの作用下に半径内方向に移動し、外周面92aが第2緩衝部材116から離間する。

【0070】

そこで、吊り下げ用ボルト79およびナット部材78がねじ部72から離脱されて押圧ブロック77が取り外されるとともに、加圧板74が支柱68から取り外される。そして、ダクト構造体40は、第1および第2緩衝部材98、116を内周面に保持した状態で、支持ベース66から取り出される。次に、図12に示すように、第1突き合わせ部48では、第1緩衝部材98がダクト構造体40の内周面から離脱される（ステップS13）。ダクト構造体40の内周面には、第1突き合わせ部48に対応して開口部99側に突出変形した突起部150が設けられており、この突起部150が切削加工等によって前記内周面から除去される（ステップS14）。なお、第2突き合わせ部50では、上記の第1突き合わせ部48と同様の作業が行われる。

【0071】

このように、第1の実施形態では、第1および第2裏当て治具88、92の外周面88a、92aに、第1および第2突き合わせ部48、50に対応して凹状部97、114が形成され、この凹状部97、114に第1および第2緩衝部材98、116が装着される。このため、第1および第2突き合わせ部48、50の内周面48b、50bに第1および第2緩衝部材98、116が密着した状態で、前記第1および第2突き合わせ部48、50の外周面48a、50aに摩擦攪拌接合が行われる。

【0072】

従って、第1および第2突き合わせ部48、50は、第1および第2裏当て治具88、92に張り付くことがなく、前記第1および第2裏当て治具88、92は、ダクト構造体40から剥離されることによる破損のおそれがない。これによって、第1および第2裏当て治具88、92は、繰り返し利用することができ、経済的であるという効果が得られる。

【0073】

しかも、図9に示すように、第1裏当て治具88の外周面88aには、第1突き合わせ部48の内周面48bに対応して周回する凹状部97が設けられるとともに、この凹状部97の底部に連通して周回する開口部99が形成されている。凹状部97には、第1緩衝部材98が取り付けられており、プローブ先端144aが第1突き合わせ部48の外周面48aから挿入されることにより、第1緩衝部材98および前記第1突き合わせ部48の内周面48bの一部が前記開口部99側に突出変形される。

【0074】

このため、プローブ先端144aが到達せず、かつ、前記プローブ先端144aの周速の影響によって未接合部分が発生し易い内周面48b側には、開口部99側に突出変形して突起部150が設けられる。そして、この突起部150は、摩擦攪拌接合後に切削加工等によって内周面48bから除去される（図12および図13参照）。

【0075】

従って、ダクト構造体40は、未接合部分を確実に除去することができ、接合部の強度が有効に増大して信頼性の向上を図ることが可能になるという効果が得られる。

【0076】

また、第1および第2突き合わせ部48、50は、第1および第2緩衝部材98、116に接合されることがなく、前記第1および第2緩衝部材98、116の離脱処理が容易に遂行される。さらに、ダクト構造体40には、第1および第2緩衝部材98、116の剥離による残留歪みが発生することがない。

【0077】

特に、第1および第2裏当て治具88、92の外周面88a、92aが真円形状に構成されており、第1および第2突き合わせ部48、50の内周面48b、50bは、前記外周面88a、92aに密着して真円形状が維持される。しかも、それぞれの端部42a、44aの内周長さおよび端部42b、46aの円周長さが同一の長さに規制される。

【0078】

このため、厚さが2mm以下の薄肉でかつ比較的大径な第1および第2突き合わせ部48、50であっても、変形や皺等による位相差が発生することがなく、前記第1および第2突き合わせ部48、50の真円度を良好に維持することができ、寸法精度が向上する。これにより、簡単かつ経済的な工程で、第1および第2突き合わせ部48、50の摩擦攪拌接合作業が効率的に遂行されるという効果が得られる。

【0079】

さらに、第1および第2突き合わせ部48、50は、第1および第2緩衝部材98、116を介して第1および第2裏当て治具88、92の外周面88a、92aに密着状態で嵌合する。このため、第1および第2突き合わせ部48、50のずれを阻止して正確な位置出しが可能になり、摩擦攪拌接合処理が効率的に遂行される。

【0080】

その際、第1および第2突き合わせ部48、50は、所定温度に加熱されることによって熱膨張により内周径を拡大させた状態で、第1および第2裏当て治具88、92に嵌合している。従って、第1および第2裏当て治具88、92の外周面88a、92aに対し、第1および第2突き合わせ部48、50を容易かつ確実に密着させることができる。

【0081】

さらにまた、胴部材42とフランジ部材44、46とは、加圧機構70を介してプローブ144の挿入方向（矢印B方向）と略直交する方向（矢印A方向）から加圧力が付与される。これにより、第1および第2突き合わせ部48、50に隙間が発生することがなく、確実に圧着することができ、高品質な接合処理が遂行されるとともに、加圧機構70の構

成が容易に簡素化する。

【0082】

なお、上記した第1の実施形態では、図示しないアルミニウムテープで仮接合された胴部材42と、フランジ部材44、46とを、加熱炉内で所定温度に加熱することにより、内周径を拡張させて第1および第2裏当て治具88、92に装着しているが、これに限定されるものではない。例えば、第1および第2裏当て治具88、92を冷却して該第1および第2裏当て治具88、92の外径寸法を縮小させてもよい。

【0083】

また、それぞれ4分割された分割治具94a~94d、110a~110dを用いているが、分割数は種々選択可能である。さらに、シリンダ96a~96d、112a~112dに代替して電磁ソレノイド等の駆動源を用いてもよい。さらにまた、分割治具94a~94d（および／または分割治具110a~110d）を単一の駆動源を介して一体的に進退させることもできる。

【0084】

図14は、本発明の第2の実施形態に係る摩擦攪拌接合装置160の一部斜視図である。なお、第1の実施形態に係る摩擦攪拌接合装置60と同一の構成要素には同一の参照符号を付して、その詳細な説明は省略する。

【0085】

摩擦攪拌接合装置160は、第1および第2裏当て治具162、164を備える。第1裏当て治具162は、例えば、鉄系材料で形成された複数の分割治具、例えば、4つの分割治具94a~94dと、前記分割治具94a~94dの内側に配置されて該分割治具94a~94dを拡張させる第1リング部材166とを備える。第2裏当て治具164は、第1裏当て治具162と同様に、例えば、鉄系材料で形成された複数の、例えば、4つの分割治具110a~110dと、前記分割治具110a~110dの内側に配置されて該分割治具110a~110dを拡張させる第2リング部材168とを備える。

【0086】

このように構成される摩擦攪拌接合装置160では、第1裏当て治具162を構成する分割治具94a~94dの外周に第1緩衝部材98が配置された状態で、この分割治具94a~94dの内側に第1リング部材166が挿入される。これにより、分割治具94a~94dが拡張して前記分割治具94a~94dの外周に第1リング部材166が密着保持される。同様に、第2リング部材168が第2裏当て治具164を構成する分割治具110a~110dの内側に挿入されることによって、前記分割治具110a~110dの外周には、第2緩衝部材116が密着保持される。

【0087】

従って、第2の実施形態では、第1の実施形態と同様の効果が得られるとともに、構成が一層簡素化するという利点がある。なお、第1および第2リング部材166、168に代替して楔部材等を使用してもよい。

【0088】

【発明の効果】

本発明に係る摩擦攪拌接合方法および装置では、未接合部分が発生し易い突き合わせ部の他方の面は、裏当て治具の開口部側に突出変形するとともに、摩擦攪拌接合が終了した後に前記突き合わせ部から除去される。従って、第1および第2プレート部材は、未接合部分を確実に除去することができ、接合部の強度が有効に増大して信頼性の向上を図ることが可能になる。

【0089】

さらに、裏当て治具は、第1および第2プレート部材から剥離されることによる破損のおそれがなく、前記裏当て治具を繰り返し利用することができ、経済的である。また、緩衝部材の離脱処理が容易に遂行されるとともに、特に薄肉な第1および第2プレート部材であっても、残留歪みが発生することを有効に阻止することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態に係る摩擦撹拌接合方法が実施されるファンダクトを組み込む航空機用ガスタービンエンジンの概略構成説明図である。

【図 2】前記ファンダクトを構成するダクト構造体の説明図である。

【図 3】前記ダクト構造体を接合する本発明の第 1 の実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の一部分解斜視図である。

【図 4】前記摩擦撹拌接合装置の断面説明図である。

【図 5】第 1 裏当て治具の拡大説明図である。

【図 6】第 2 裏当て治具の拡大説明図である。

【図 7】前記摩擦撹拌接合方法のフローチャートである。

【図 8】第 1 突き合わせ部を接合する際の動作説明図である。

【図 9】前記第 1 突き合わせ部を接合する際の断面説明図である。

【図 10】第 2 突き合わせ部を接合する際の動作説明図である。

【図 11】前記第 1 突き合わせ部から前記第 1 裏当て治具を分離する際の動作説明図である。

【図 12】前記第 1 突き合わせ部から第 1 緩衝部材を分離する際の動作説明図である。

【図 13】前記第 1 突き合わせ部から未接合部を除去する際の動作説明図である。

【図 14】本発明の第 2 の実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の一部斜視図である。

【図 15】摩擦撹拌接合による未接合部の説明図である。

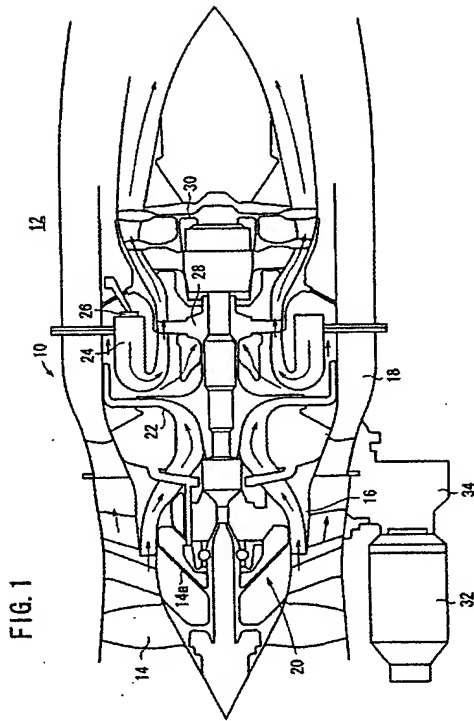
【図 16】特許文献 1 のアルミニウム部材の接合方法を示す説明図である。

#### 【符号の説明】

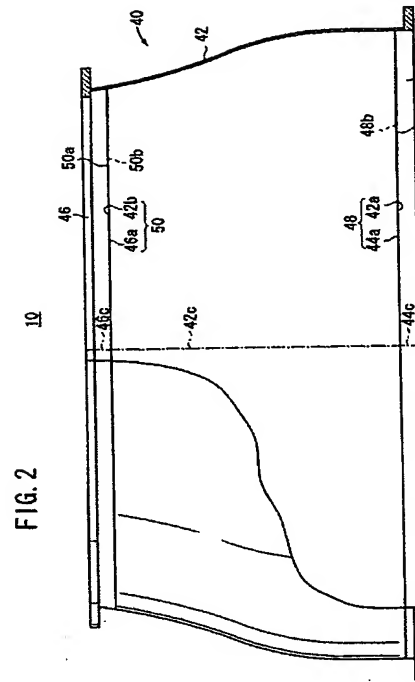
10 … ファンダクト	12 … ガスタービンエンジン
14 … ファン	40 … ダクト構造体
42 … 胴部材	44、46 … フランジ部
44a、46a … 端部	48、50 … 突き合わせ部
48a、50a、88a、92a … 外周面	48b、50b … 内周面
60、160 … 摩擦撹拌接合装置	62 … 回転テーブル
64 … 台部材	66 … 支持ベース
68 … 支柱	70 … 加圧機構
72 … ねじ部	74 … 加圧板
77 … 押圧ブロック	
88、92、162、164 … 裏当て治具	90 … ロッド
94a～94d、110a～110d … 分割治具	
96a～96d、112a～112d … シリンダ	
97、114 … 凹状部	98、116 … 緩衝部材
99、115 … 開口部	117、118 … クランプ治具
130 … 取り付け板	140 … 接合機
144 … プローブ	166、168 … リング部材



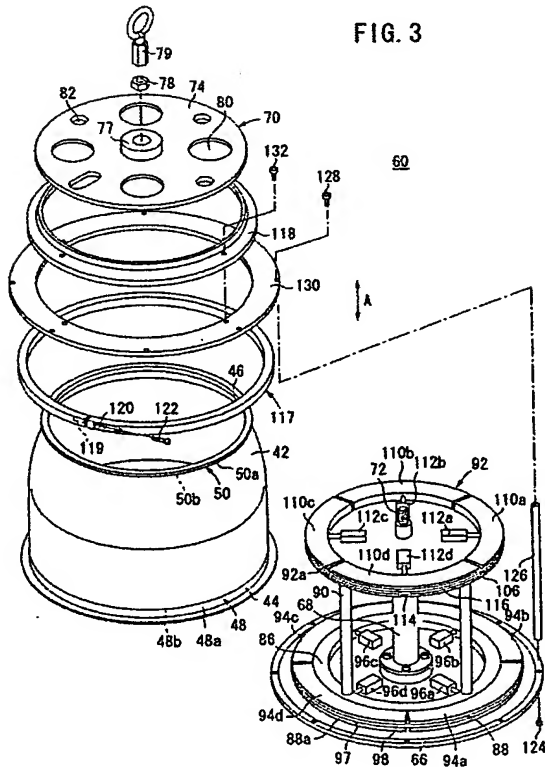
【図 1】



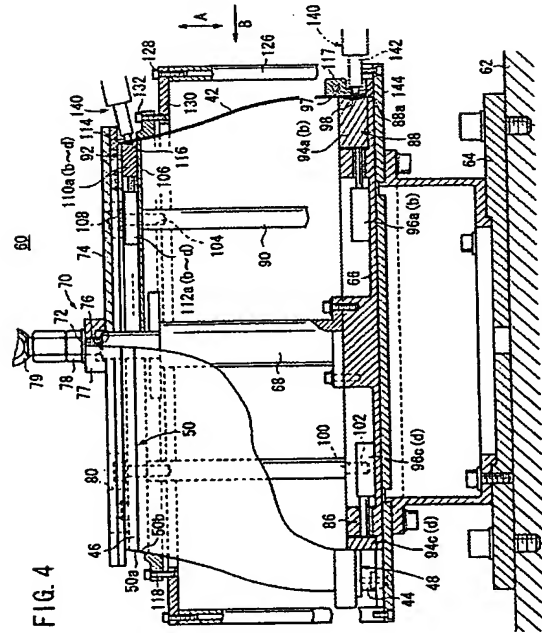
【図 2】



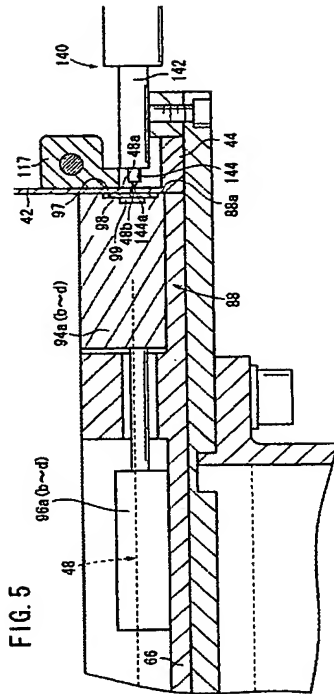
【図 3】



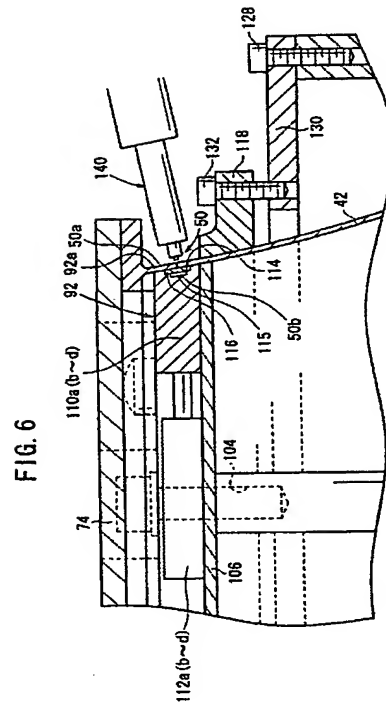
【図 4】



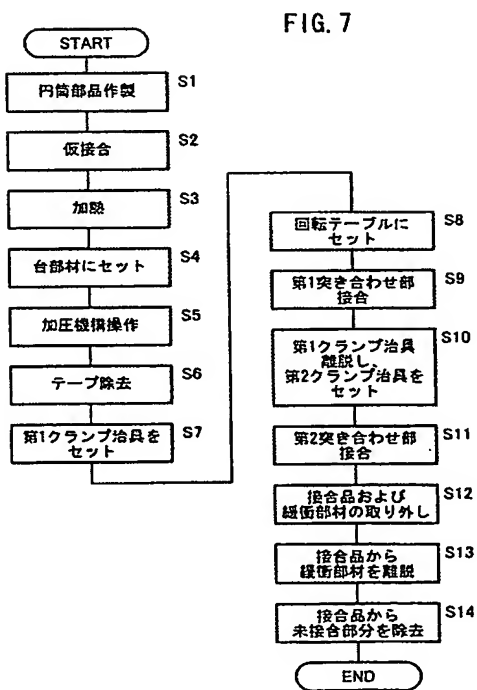
【図5】



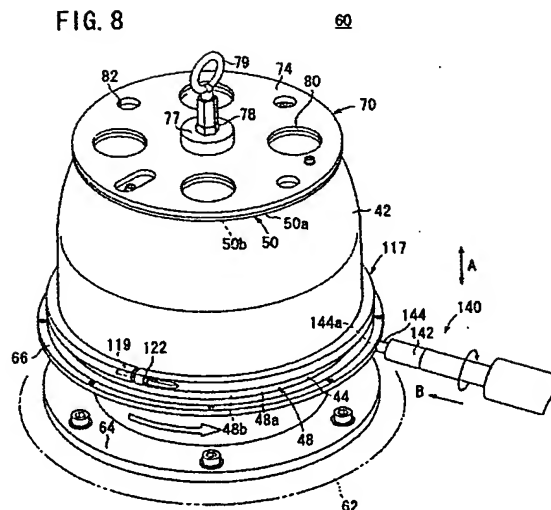
【図6】



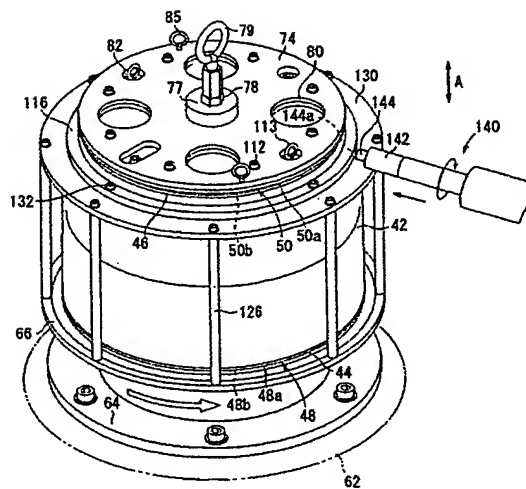
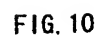
【図7】



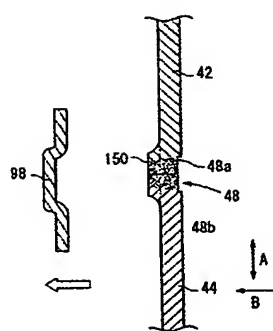
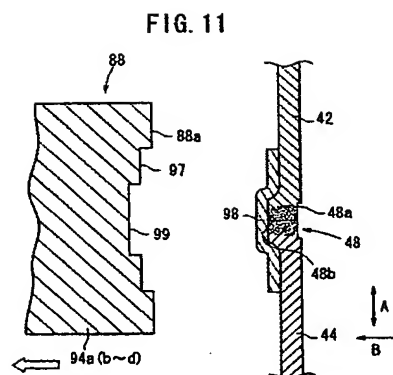
【図8】



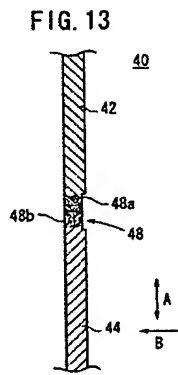
【图 10】



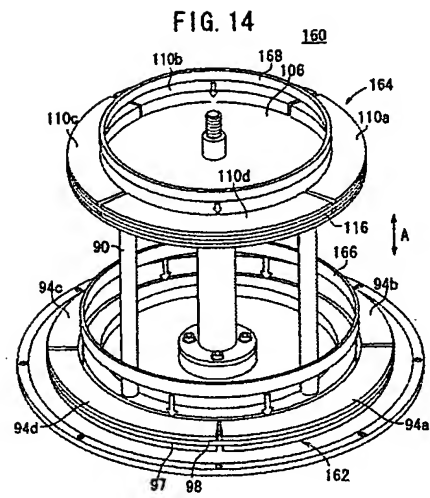
【圖 12】



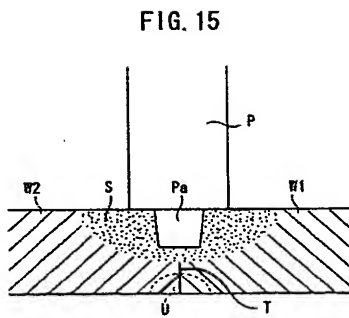
【図13】



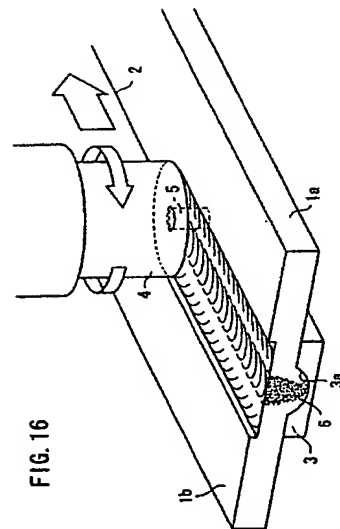
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

(72)発明者 朝稲 勉

埼玉県狭山市新狭山1丁目10番1号 ホンダエンジニアリング株式会社内

(72)発明者 夏梅 征彦

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 4E067 AA05 AA09 AA12 BG00 CA04 DA13 DA17 DD00 EA06 EB02

EC06